

Блок 5. Определение условных коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи, локальных значений температурного напора и площадей поверхности теплообмена для каждой зоны; определение суммарной площади поверхности КТА и усредненных по ней значений коэффициентов теплопередачи и температурных напоров.

Блок 6. Сравнение расчетных характеристик КТА с предварительно принятыми.

На основе анализа и обобщения имеющихся в литературе опытных данных предложено критериальное уравнение массообмена и уточнен метод расчета коэффициента диффузии водяного пара в многокомпонентную инертную газовую среду.

При разработке теплообменных аппаратов, в которых осуществляется конденсация пара из парогазовых смесей с большим содержанием неконденсирующихся газов, предлагаемый метод позонного теплового расчета позволяет получать достаточно достоверные данные о тепловой нагрузке и площади поверхности теплообмена путем учета особенностей совместно протекающих процессов теплообмена и массообмена.

УДК 62-403.3

Проданов С. А., Воронов Г. В.  
Уральский федеральный университет  
Picasso9384@gmail.com

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ФУРМ ПЕЧИ ВАНЮКОВА**

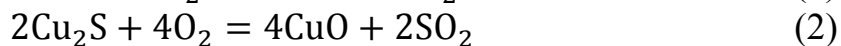
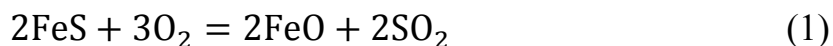
**Аннотация.** В работе проанализирована схема подачи кислородно-воздушной смеси (КВС) в рабочее пространство печи. Для имеющихся граничных условий было спроектировано сопло Лавая, которое благодаря своим высокоскоростным характеристикам позволит:

- улучшить процессы массообмена в печи, что приведет к уменьшению содержания меди в шлаке. Бедный по меди шлак отправляется в отвал и не требует вторичной переработки на обогатительной фабрике, это позволит значительно сэкономить ресурсы на транспортировку.

- при неизменном расходе КВС, благодаря улучшенному массообмену увеличить концентрацию  $SO_2$  в дымовых газах, что значительно повысит производительность сернокислотного цеха по серной кислоте.

Объектом исследования стала печь Ванюкова (ОАО СУМЗ), одна из наиболее современных и перспективных печей для переработки медных, медно-никелевых и медно-цинковых концентратов. В печи протекает автогенный процесс,

то есть за счет непрерывной подачи кислорода происходят экзотермические реакции:



Выделяемое в вышеуказанных реакциях тепло позволяет протекать реакциям диссоциации сульфатов шихты. Кислород для дутья подается через кислородно-воздушные фурмы. В смеси при средней концентрации кислород достигает 88 процентов.

Сопло фурмы, в настоящее время применяемое на печи, выполнено в форме цилиндра (рис. 1).

Цилиндрическое сопло имеет ряд недостатков:

- Наружный конец сопла подвержен налипанию расплава, это приводит к уменьшению расхода КВС и сокращению срока службы фурмы.

- Цилиндрическое сопло не позволяет достигать высоких значений скорости истечения струи при действующем значении давления перед соплом, что препятствует активному перемешиванию расплава.

Для увеличения концентраций меди в штейне на выходе из печи, за счет улучшения перемешивания материалов расплава, было предложено использовать конструкцию сопла Лавалья. При тех же граничных условиях, что и цилиндрическое сопло, сопло Лавалья может обеспечивать сверхзвуковую скорость 331 м/с, тем самым обеспечивается турбулентный режим движения струи КВС. Даже превышение скорости истечения смеси на 25-27 % позволяет добиться лучших показателей извлечения меди из шихты, огромную роль в плавке играют кварциты, которые, взаимодействуя с оксидами железа, образуют фаялит и переводят железо из концентрата в шлак:

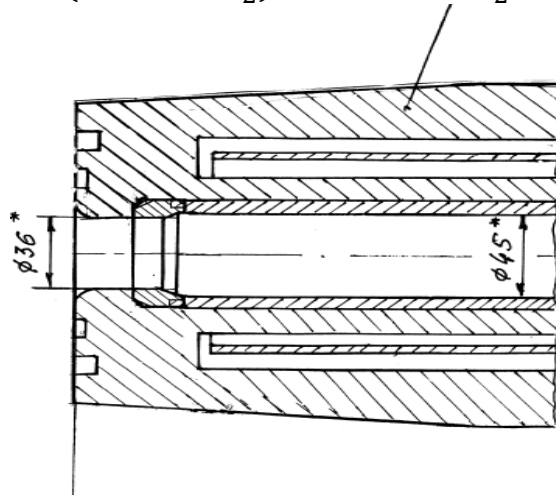
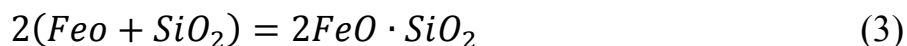


Рис. 1. Цилиндрическое сопло для фурмы КВС

Кварцит в шихте зачастую попадает крупнозернистым, его нужно еще более активно перемешивать с расплавом, это позволит шлаку и штейну быстрее достичь требуемого химического состава.

Было рассчитана конструкция сопла Лавалья (рис. 2) и все его параметры для граничных условий медеплавильного цеха ОАО СУМЗ.

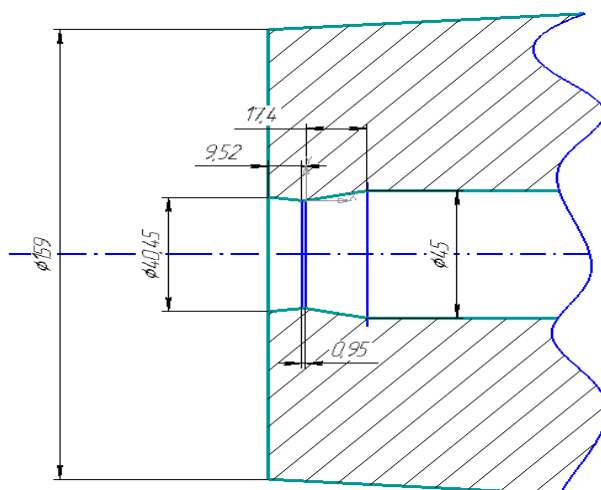


Рис. 2. Сопло Лавая для фурмы КВС

Сопло Лавая позволит значительно упростить технологический процесс, уменьшить расход КВС на тонну черновой меди, если учесть что энергозатраты предприятия по производству кислорода на 1 час работы печи достигают 42000 кВт·ч то предложенное сопло окажет значительное влияние на энергосбережение на предприятии. Сопло позволит повысить производительность сернокислотного цеха. В перспективе будут рассмотрены альтернативные конструкции сопел в целях нахождения наиболее эффективного для данных условий.

#### Список использованных источников

1. Механика жидкостей и газов : учеб. пособие / В. С. Швыдкий, Ю. Г. Ярошенко, Я. М. Гордон [и др.]. М. : Академкнига, 2003. 464 с.
2. Теплотехнические расчеты металлургических печей / под ред. А. С. Телегина М. : Металлургия, 1993. 528 с.

УДК 536.246

Прошин А. С., Мунц Ю. Г., Василевский Н. С.  
Уральский федеральный университет  
a.s.proshin@urfu.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В КОМПАКТНОМ ПЛАСТИНЧАТО-РЕБРИСТОМ ТЕПЛООБМЕННОМ АППАРАТЕ

**Аннотация.** В работе проанализированы процессы теплообмена между водой и воздухом в компактном пластинчато-ребристом теплообменнике. Опытным путем получена аппроксимация зависимости числа Нуссельта от Рейнольдса для теплоотдачи от пакета с трапециевидными ребрами и турбулизаторами к воздуху. Результаты расчетов позволили выдать рекомендации по проектированию и созданию энергоэффективного оборудования.